СССР
МИНИСТЕРСТВО
СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ТЯЖЕЛОЙ ИНДУСТРИИ
ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ, КАНАЛИЗАЦИИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ
И ИНЖЕНЕРНОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ
„ВОДГЕО"

Лаборатория химической очистки сточных вод
ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ — № 2

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ФТОРА

МОСКВА—1952



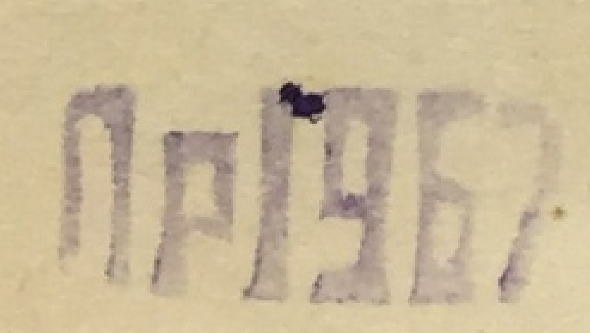
СССР
МИНИСТЕРСТВО
СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ТЯЖЕЛОЙ ИНДУСТРИИ
ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ, КАНАЛИЗАЦИИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ
И ИНЖЕНЕРНОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ
„ВОДГЕО"

Лаборатория химической очистки сточных вод
ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ—№ 2

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ФТОРА





Москва—1952

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

I. Введение 3

II. Методика определения фтора в воде . . . . —

А. Необходимые реактивы 4

Б. Построение калибровочной кривой . . . . . . —

В. Ход определения 5

III. Очистка воды от фтора 6

А. Применение обожженного доломита 8

Б. Очистка воды от фтористых соединений при помощи сернокислотной вытяжки из доломита 10

В. Очистка воды от фтористых соединений с помощью фосфатов 12

Г. Очистка воды от фтора алюминиевыми солями 14

Авторы: к. х. н. **А. И. Рыбникова,**
З. В. Николаева.

Редактор д-р хим. наук, проф. **Ю. Ю. Лурье**

Л 139862. Подписано к печати 20/XII—52 г. Объем 1 п. л. Тир. 500. Зак. 118.

Типография ВНИИ „ВОДГЕО“, Б. Кочки, 17-а.

I. ВВЕДЕНИЕ

Интерес к присутствию фтора в воде возник в связи с тем, что он является одним из наиболее распространенных элементов.

Фтор составляет по весу примерно 0,1% земной коры и является составной частью очень многих минералов: апатита $Ca_5(PO_4)_3F$, криолита Na_3AlF_6 и флюорита CaF_2. Фтор выделяется при вулканических извержениях и находится в морской воде, отлагаясь в костях морских организмов (в золе костей имеется от 0,4 до 4% фтора). В золе хлебных злаков находится 0,3—1% фтора. В водах рек и озер содержание фтора по литературным данным колеблется в пределах от 0,1 до 0,3 *мг/л*, в морской воде— от 0,3 до 1,7 *мг/л*.

Значительное количество фтора бывает в минеральных водах, где оно может доходить до 12 *мг/л*.

Источником, обогащающим воды рек и озер фтором, являются фтористые минералы. Отмечено повышение содержания фтора в водах, проходящих через древние осадочные породы, хранящие кости погибших животных. Обогащение вод рек и озер фтором идет также за счет сточных вод различных обогатительных фабрик, пользующихся рудой, богатой фтором.

II. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФТОРА В ВОДЕ

Для контроля за очисткой воды от фтора был выбран метод определения фтора, основанный на способности фтора обесцвечивать окисленный перекисью водорода раствор сернокислого титана.

Предварительно должна быть построена калибровочная кривая по стандартным растворам соли фтора различных концентраций. Калибровочная кривая и все отсчеты в колориметре должны производиться при одной и той же температуре. При изменении температуры на 30° окраска меняется от 5 до 15%.

А. Необходимые реактивы

1. Стандартный раствор сернокислого титана. Навеску $Ti(SO_4)_2 = 0{,}3033$ *г* сплавляют осторожно в платиновом тигле с пятикратным количеством (на глаз) кислого сернокислого калия. Сплав растворяют в горячей воде, содержащей некоторое количество серной кислоты, и раствор доводят в мерной колбе до 1 *л* дестиллированной водой. 1 *мл* такого раствора содержит 0,1 *мг* окиси титана (1 *мл* = 0,1 *мг* TiO_2).

2. Стандартный раствор фтористого калия. 1,529 *г* фтористого калия (KF) растворяется в 1 *л* дестиллированной воды. 1 *мл* этого раствора содержит 0, 5 *мг* фтора (1 *мл* = 0,5 *мг* F). Стандартный раствор должен храниться в парафинированной склянке.

3. Перекись водорода, 3%-ный раствор. Концентрацию этого раствора необходимо постоянно проверять титрованием точным раствором марганцевокислого калия.

4. 10%-ный раствор серной кислоты (по объему).

Б. Построение калибровочной кривой

Из основного стандартного раствора приготавливается целый ряд растворов с разными концентрациями фтора — от 0,01 до 2 *мг* в 100 *мл*.

В один из цилиндров колориметра вливается 3 *мл* 3%-ной перекиси водорода, 5 *мл* сернокислого титана (реактив 1) и 5 *мл* 10%-ной серной кислоты (реактив 4) и все доводят до 100 *мл*.

В другой цилиндр колориметра вливаются те же реактивы, в том же количестве и в том же порядке и добавляются поочередно растворы фтористого калия с различной концентрацией фтора—от 0,01 до 2 *мг* в пробе.

Количество добавляемой серной кислоты сильно влияет на окраску раствора, поэтому необходимо строго следить за тем, чтобы серная кислота добавлялась всегда в одинаковых количествах.

Чем больше прибавляется серной кислоты, тем интенсивнее желтая окраска и тем менее чувствительной становится реакция. С другой стороны, нельзя добавлять слишком мало серной кислоты, так как тогда конечная реакция раствора будет колебаться в зависимости от первоначального pH раствора.

Было установлено, что для анализа воды на фтор следует прибавлять в пробу ($v = 100$ *мл*) 0,5 *мл* концентрированной или 5 *мл* 10%-ной (по объему) серной кислоты.

Чем больше фтора в анализируемой пробе, тем сильнее обесцвечивается желтый раствор сернокислого титана. Все сравнения поэтому производятся с раствором, не со-

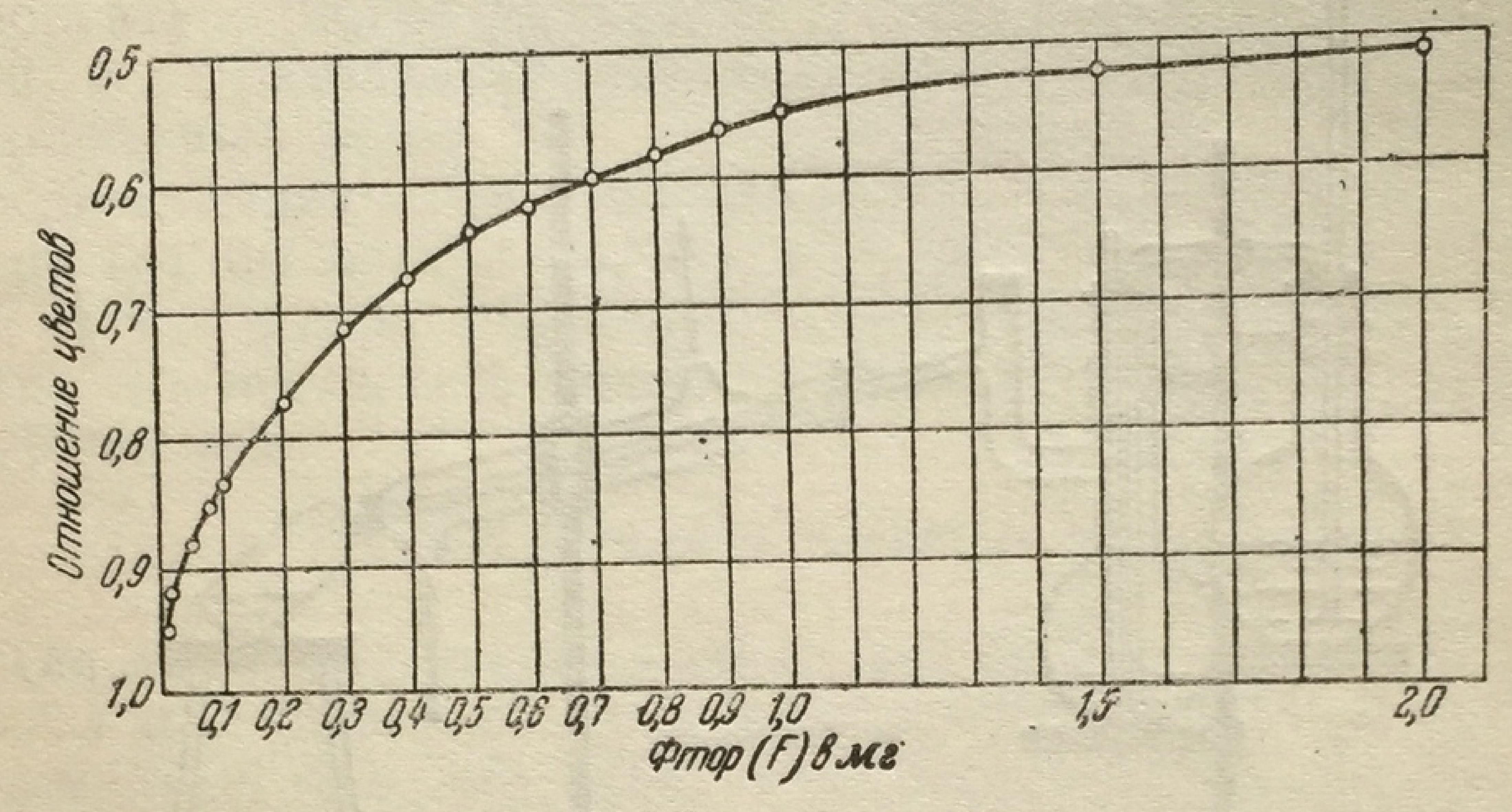


Рис. 1. Калибровочная кривая при определении фтора

держащим вовсе фтора, который при колориметрировании в цилиндрах приходится спускать, как наиболее окрашенный, до уравнивания окрасок. По данным, полученным при сравнении окрасок в колориметре, вычерчивается кривая (рис. 1). По оси абсцисс откладывается количество фтора в *мг* в пробе, по оси ординат—отношение цветов, т. е. отношение объема жидкости в цилиндре со стандартным раствором к объему с нулевым раствором, после уравнивания окрасок: 1,0 для нулевого содержания фтора и 0,9—0,8 и т. д. до 0,5 для концентраций фтора от 0,0 до 20 *мг/л*.

В. Ход определения

Берется 75 *мл* испытуемой воды (или меньше, в зависимости от количества в ней фтора), прибавляется 3 *мл* 3%-ного раствора перекиси водорода, 5 *мл* раствора сернокислого титана и 5 *мл* 10%-ной серной кислоты. Одновременно приготавливается стандартный раствор с добавлением всех перечисленных выше реактивов в тех же количествах, но без раствора, содержащего фтор. Оба раствора переносятся в колориметрические цилиндры, доливаются дестиллированной водой до 100 *мл* и коло-

риметрируются. Количество фтора в испытуемой воде находят по калибровочной кривой.

В случае, если имеются окрашенные сточные воды или высокой цветности гуминовые природные воды, дан-

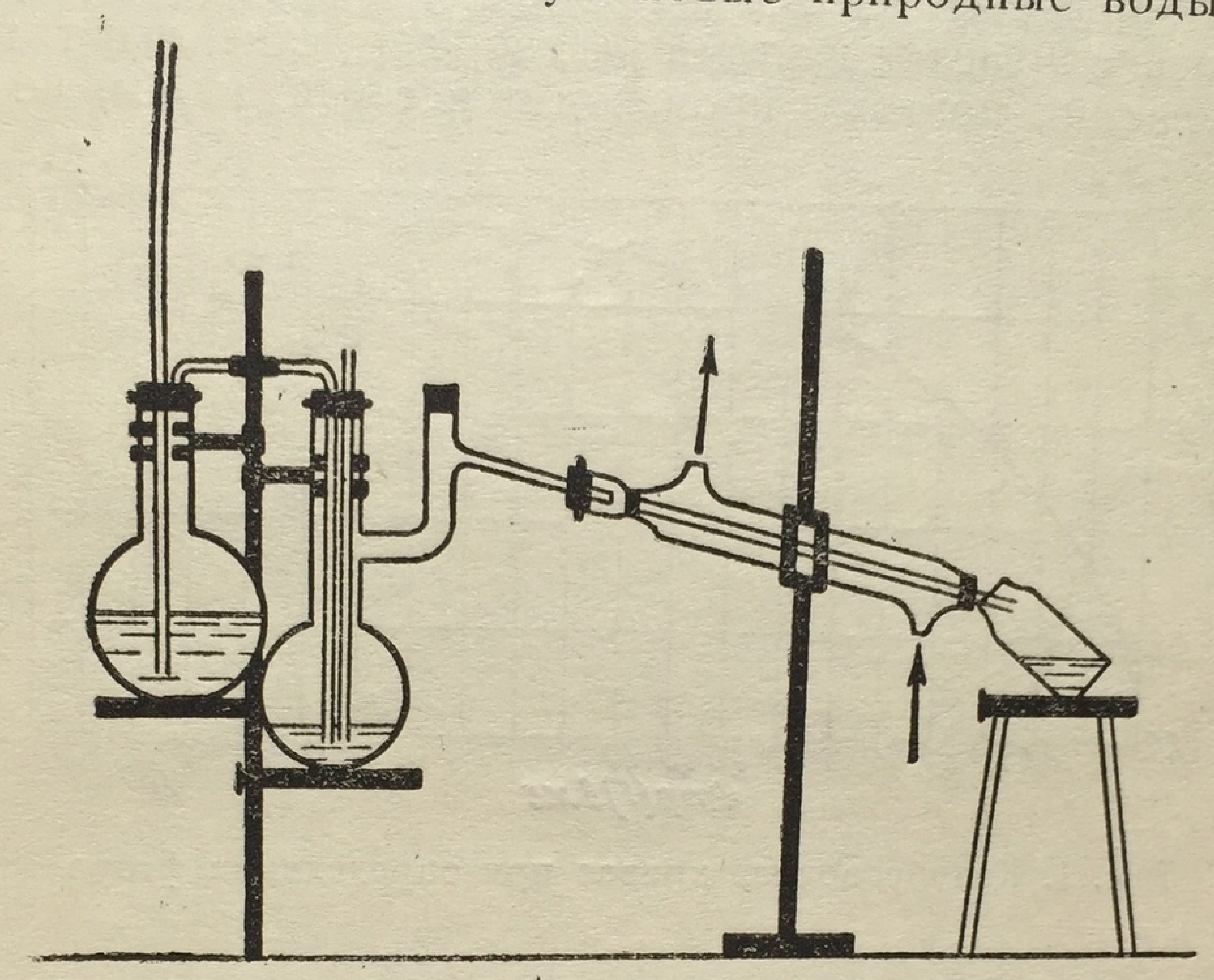


Рис. 2. Прибор для отгонки фтора

ный колориметрический метод в таком виде, как он описан выше, применить нельзя. В таком случае требуется предварительная обработка вод с перегонкой фтора в виде четырехфтористого кремния в приборе, изображенном на рис. 2. Отгонкой раствор несколько концентрируется и тем самым увеличиваются пределы применимости описанного выше колориметрического метода.

III. ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ФТОРА

Очистку воды от фтора можно производить следующими методами: а) с помощью обожженного доломита в динамических и статических условиях; б) с помощью сернокислотной вытяжки из доломита; в) с помощью фосфатов; г) с помощью алюминиевых солей.

Приведенные ниже данные по очистке воды от фтора базируются на опытах, проведенных в лабораторных условиях.

Большинство из примененных материалов очищает воду от фтора, снижая концентрацию последнего ниже

допустимой нормы (1 *мг/л*), если каждый материал применять в надлежащем количестве и в надлежащих условиях.

Поскольку очистка воды от фтора происходит сравнительно легко при большой концентрации фтора и с большим трудом при малой концентрации последнего, надо подвергать очистке возможно более концентрированные стоки, а не разбавленные водой общие стоки, а тем более не природные воды.

Если сточная вода содержит фтор в большой концентрации (от 60 *мг/л* и более), она освобождается от большей части фтора обработкой известью, которая добавляется в количестве, лишь немногим больше требуемого по уравнению:

$$Ca^{++} + 2F^{-} = CaF_2 .$$

Для снижения концентрации фтора в сточной воде от 60 *мг/л* или более до 6—7 *мг/л* рекомендуются доломит, обожженный при 700—900°, и активированный боксит.

В очень многих случаях, когда очищаемая таким образом вода затем разбавляется водами, не содержащими фтора, более чем в 10 раз, этой обработкой можно будет ограничиться. Расход доломита в этом случае будет очень невелик (20—40 *мг* на 1 *мг* F). Расход боксита (50—100 *мг* Al_2O_3 на 1 *мг* F) больше, чем расход обоженного доломита, но применение его будет оправдано в условиях, когда самое загрязнение воды фтором связано с производством алюминия, тем более, что боксит после очистки может быть использован, как сырье для производства алюминия.

В тех случаях, когда очистка воды до концентрации 6—7 *мг/л* фтора недостаточна или когда очистке должны быть подвергнуты менее концентрированные воды (10 *мг/л* фтора и меньше), следует прибегать к более совершенным методам очистки. Из последних, в первую очередь, рекомендуется коагуляция сернокислым алюминием.

Очистка воды от фтора с помощью сернокислого алюминия должна применяться при малых концентрациях фтора в исходной воде, при этом требуется поддерживать кислую среду ($pH < 4$). При снижении концентрации фтора с 3 *мг/л* до 1 *мг/л* расходуется 20—25 *мг/л* Al_2O_3; при снижении с 7 *мг/л* до 1 *мг/л*—60 *мг/л* Al_2O_3. Этот реактив еще удобен тем, что он применяется при обычной коагуяции воды и не требует при этом никаких дополнительных приспособлений.

Не менее эффективна, чем коагуляция сернокислым алюминием, обработка воды сернокислотной вытяжкой из доломита. В тех случаях, когда первая обработка воды производится обожженным доломитом, доочистка ее сернокислотной вытяжкой из необожженного доломита не составит затруднений. Это будет наиболее дешевым способом очистки.

В тех случаях, когда загрязнение воды фтором происходит от сточных вод заводов, производящих фосфор, т. е. от заводов, применяющих фосфориты в качестве сырья, очистка стоков от фтора оказывается наиболее рациональной с помощью метафосфата кальция, так как соответствующие материалы имеются под руками.

При выборе того или иного метода обработки воды следует учитывать также то влияние, которое избранный метод оказывает на жесткость воды. Обработка воды обожженным доломитом отражается сравнительно мало на жесткости воды. Получается вода, в которой имеется небольшой избыток CaO. Такая вода будет поглощать CO_2 из воздуха с выделением осадка $CaCO_3$, и жесткость воды будет постепенно уменьшаться.

Обработка воды сернокислотной вытяжкой из доломита, метафосфатом кальция или сернокислым алюминием и известью приводит к увеличению жесткости воды.

Не дает увеличения жесткости воды обработка фосфатом алюминия, бокситом и сульфатом алюминия. Выбор того или иного метода обработки или комбинации методов придется решать по-разному в каждом отдельном случае.

Очистные сооружения, которые должны быть поставлены для очистки воды от фтора, очень просты: смеситель, в котором вода перемешивается с порошком очистного материала в течение получаса или часа, и отстойник, рассчитанный на 2-часовое отстаивание.

Вопросы о размерах смесителя и отстойника, об их расположении, способе перемешивания воды и экономическом расчете встанут при решении конкретных задач очистки сточных вод отдельных предприятий или районов водоснабжения.

А. Применение обожженного доломита

Доломит как материал для очистки воды весьма доступен. Для очистки воды от фтора доломит предварительно обжигается при температуре не ниже 700°, желательно 800—900°.

По своему химическому составу обожженный доломит содержит окиси кальция и магния, т. е. те вещества, которые в виде чистых солей предлагаются в иностранной литературе для очистки воды от фтора.

Доломит применяется с успехом в качестве сорбента для очистки воды от ряда токсических компонентов: мышьяка, свинца и меди.

Обработку воды обожженным доломитом следует производить в статических условиях, так как в динамических условиях доломит очень плохо извлекает из воды ионы фтора. Будучи довольно плотным и мало пористым материалом, доломит представляет слишком малую поверхность соприкосновения между двумя фазами для успешного прохождения сорбционного процесса.

Доломит, размельченный в порошок, предварительно обжигается в муфельной печи в течение одного часа при температуре 700, 800 и 900°.

Исходный раствор для очистки приготовлялся на водопроводной воде с концентрациями фтора 400 *мг/л*, 10 *мг/л* и 5 *мг/л*.

Предварительные лабораторные опыты проводились в склянках, куда помещалась испытуемая вода в количестве 100 *мл* и доломит в таких количествах, чтобы отношение MgO : F менялось от 10 до 200. Содержимое склянки перемешивалось с помощью шуттель-аппарата. Время обработки 10—20 мин.; более продолжительный контакт не улучшает очистки. Обожженным доломитом понизить концентрацию фтора ниже 6 *мг/л* не удается.

В то время как сравнительно концентрированные растворы показывают довольно значительный процент снижения концентрации фтора после очистки (80—90%), воды с малым содержанием фтора очищаются очень плохо — с 10 до 7—8 *мг/л*, а с 5 до 4,2 *мг/л*.

Метод может оказаться рациональным только в тех случаях, когда надо очищать сравнительно концентрированные сточные воды, которые после очистки будут спускаться в водоемы, разбавляющие их не менее чем в 8—10 раз.

В этом случае расход очищаемого материала очень незначителен, время обработки непродолжительно, техника выполнения процесса очистки несложна. Метод должен быть весьма дешевым.

Очистка этим способом природных вод с малым содержанием фтора (2—10 *мг/л*) невозможна.

Б. Очистка воды от фтористых соединений при помощи сернокислотной вытяжки из доломита

Сернокислотная вытяжка из доломита для предварительных лабораторных опытов приготовлялась следующим образом: доломит измельчался в порошок, обрабатывался в фарфоровой чашке крепкой серной кислотой и подо-

Таблица 1

Результаты опытов очистки воды от фтора с помощью сернокислотной вытяжки из доломита

Первоначальная концентрация фтора в *мг/л*	Прибавлено сернокислотной вытяжки из необоженного доломита		Прибавлено обожженного доломита с содерж. 21,8% MgO			Остаточн. концентрация фтора в *мг/л*	% снижения концентрации фтора	Время перемешивания
	в расчете на MgO, *мг/л*	отношение MgO : F	в *мг/л*	в пересчете на MgO в *мг/л*	отношение MgO : F			
11,0	—	—	1050	229	~20	8,8	20	30 мин.
11,0	—	—	1050	229	~20	8,4	23,6	1 час
11,0	440	40	525	114,5	10	7,8	29,1	30 мин.
11,0	440	40	525	114,5	10	7,6	30,9	1 час
13,0	520	40	1380	276	20	1,2	90,8	30 мин.
13,0	520	40	1380	276	20	0,62	95,2	1 час
13,0	1040	80	1380	276	20	0,8	93,8	30 мин.
13,0	1040	80	1380	276	20	0,4	96,9	1 час
13,0	520	40	2500	520	40	2,8	78,5	30 мин.
13,0	520	40	2500	520	40	2,4	81,6	1 час
13,0	260	20	2500	520	40	8,6	33,9	30 мин.
13,0	260	20	2500	520	40	8,6	33,9	1 час

гревался некоторое время на водяной бане. Смесь разбавлялась водой и нерастворимая часть отфильтровывалась. Вместо крепкой серной кислоты можно применять и 10%-ную серную кислоту при нагревании. Во всех случаях доломит должен быть в избытке, свободная серная кислота не должна присутствовать. Количество применяемой

вытяжки должно рассчитываться по содержанию в ней магния. Кроме сернокислотной вытяжки, в очищаемую воду должен добавляться обожженный доломит, для создания щелочной реакции.

Оба добавляемые реагента должны поступать в очищаемую воду в отношении: на 2 части MgO в виде кислотной вытяжки 1 часть MgO в виде обожженного доломита. Это отношение будет сохраняться при работе со всеми сортами доломита, в которых отношение MgO : CaO колеблется мало.

Обожженный доломит может быть заменен обожженным известняком, так как он в процессе очистки является тем щелочным реактивом, который доводит pH воды до

Таблица 2

Результаты опытов очистки воды от значительных количеств фтора с помощью сернокислотной вытяжки из доломита

Первоначальная концентрация фтора в *мг/л*	Прибавлено сернокислотной вытяжки из необожженного доломита		Прибавлено обожженного доломита с содержанием 21,8% MgO			Остаточн. концентрац. фтора в *мг/л*	% снижения концентрации фтора	pH раствора	Время контакта
	в расчете на MgO, *мг/л*	отношение MgO : F	в *мг/л*	в пересч. на MgO в *мг/л*	отношение MgO : F				
44,0	1800	40	4050	880	20	1,0	97,7	9,55	1 час
44,0	1800	40	4050	880	20	14,8	66,4	<4	»
44,0	1800	40	4050	880	20	11,2	74,5	<4	»
60,0	2500	40	6000	1200	20	1,2	98,0	9,25	»
60,0	2500	40	6000	1200	20	0,6	99,0	9,25	»
60,0	2500	40	5500	1200	20	12,0	80,0	<4	»
60,0	2500	40	5500	1200	20	10,5	82,5	<4	»

надлежащей величины. pH воды при удалении из нее фтора должен быть щелочным—около 9,0 в тех случаях, когда фтора больше 10 *мг/л*.

Сточные воды, содержащие 60 *мг/л* или больше фтора, для экономии серной кислоты предлагается очищать, применяя двойную очистку: обожженным доломитом до со-

держания фтора 6—7 *мг/л*, а последние 6—7 *мг/л* удалять с помощью сернокислотной вытяжки до 1 *мг/л*.

Очистка воды от фтора обожженным доломитом и сернокислотной вытяжкой приводит к увеличению жесткости воды до 70° и больше, поэтому таким способом предлагается очищать лишь сточную воду, а не питьевую. Результаты опытов по очистке воды от фтора с помощью сернокислотной вытяжки из доломита помещены в табл. 1 и 2.

В. Очистка воды от фтористых соединений с помощью фосфатов

При очистке фторсодержащих вод с помощью фосфатов происходит хемосорбция ионов фтора на поверхности фосфатов с образованием вещества типа апатита.

Применяемый для удаления фтора из воды суперфосфат или фосфорит должен быть предварительно очищен от фтора. Предлагается нижеследующая предварительная обработка материала. Суперфосфат (или фосфорит) смешивается с небольшим количеством песка и обрабатывается крепкой серной кислотой при осторожном нагревании кашицеобразной массы до удаления паров серного ангидрида. Образующаяся кремнефтористоводородная кислота улетучивается. Остающееся твердое вещество истирается в порошок и применяется в качестве очищающего материала. Анализ вещества показывает полное отсутствие фтора и содержание около 11% PO_4 (или 8,3% P_2O_5).

Очистка воды от фтора при помощи метафосфата кальция, полученного, как указано выше, из продажного суперфосфата или из природных фосфоритов, происходит несколько лучше, чем очистка реактивным трикальцийфосфатом.

Очистку можно производить как в слабокислой, так и в слабощелочной средах. В слабокислой среде результаты получаются несколько лучше.

Преимуществом метода является меньшая жесткость очищенной воды (около 30°) по сравнению с той, какая получается при очистке воды доломитом или сернокислотной вытяжкой из доломита.

Если вода, подлежащая очистке, содержит большие количества фтора, очистку метафосфатом следует соединить с предварительной обработкой ее обожженным доломитом или гашеной известью.

Результаты опытов очистки воды от фтора с помощью фосфатов представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Результаты опытов очистки воды от фтора метафосфатом кальция

Первоначальная концентрация фтора в *мг/л*	Введено метафосфата			Остаточная концентрация фтора в *мг/л*	% снижения концентрации фтора	pH воды после прибавления реактива	Время перемешивания
	мг/л	в пересчете на P_2O_5 в *мг/л*	отношение $P_2O_5 : F$				
12,0	8135	675	~ 50	2,0	83,5	< 4	1 час
12,0	8135	675	~ 50	3,6	70,0	> 9,7	„
13,4	16270	1350	~100	1,2	91,0	3,3	„
13,4	16270	1350	~100	1,6	88,1	10,2	„
30,0	20452	1700	~ 50	4,8	84,0	> 9,7	„
30,0	40905	3400	~100	4,4	85,0	> 9,7	„
60,0	40905	3400	~ 50	6,8	88,0	> 9,7	„
61,0	81810	6800	~100	1,2	98,0	2,0	„
60,0	81810	6800	~100	4,8	92,0	> 9,7	„
61,0	81810	6800	~100	5,2	91,5	11,2	„

Таблица 4

Результаты опытов очистки воды от фтора трикальцийфосфатом

Первоначальная концентрация фтора в *мг/л*	Введено трикальцийфосфата			Остаточная концентрация фтора в *мг/л*	% снижения концентрации фтора	Время перемешивания
	в *мг/л*	в пересчете на P_2O_5 в *мг/л*	отношение $P_2O_5 : F$			
12,0	2220	440	~ 40	3,2	73,3	1 час
12,0	3310	656	~ 50	2,8	76,7	„
12,0	6620	1312	~100	1,6	86,7	„
30,0	5550	1100	~ 40	3,2	89,3	„
36,0	9930	970	~ 50	5,2	85,5	„
36,0	19860	3940	~100	3,8	89,5	„
70,0	12950	2567	~ 40	20,0	71,4	„
60,0	16655	3304	~ 50	8,4	86,0	„
60,0	33300	6610	~100	7,2	88,0	„

Г. Очистка воды от фтора алюминиевыми солями

Действие всех материалов, содержащих соединения алюминия, как-то: сернокислый алюминий, алюминат натрия, окись алюминия, боксит, фосфорнокислый алюминий и т. д., основано на сорбционных свойствах гидрата окиси алюминия. Сорбция фтора окисью или гидроокисью алюминия связана с образованием на поверхности твердой фазы малорастворимых фторидов.

Обработка воды бокситом, даже при применении очень больших доз, в 150—200 раз превышающих содержание фтора в воде, дает мало удовлетворительные результаты.

Боксит применялся в измельченном в порошок виде, без предварительной обработки или после „активации" нагреванием до 400—450°.

Аналогичные результаты получаются при обработке воды сухой окисью алюминия, полученной искусственным путем из осажденной гидроокиси.

Обработка воды бокситом и сухой окисью алюминия предлагается как метод предварительной обработки, с последующей доочисткой другим более совершенным методом.

Обработка сернокислым алюминием дает в очищенной воде конечную концентрацию фтора ниже 1 *мг/л*, при расходе реагента в 10-кратном количестве по отношению к фтору. Снижение pH до 3,8 приводит к сокращению расхода реагента—сернокислого алюминия в 4 раза.

Сернокислый алюминий рационально применять для доочистки воды после освобождения ее от большей части фтора другими, более дешевыми, материалами.

Коагуляция свежеосажденным фосфатом алюминия производилась в момент его образования следующим образом: к испытуемой воде прибавлялся 10%-ный раствор сернокислого алюминия, а затем также 10%-ный раствор двухосновного фосфорнокислого натрия (Na_2HPO_4).

В момент прибавления этих двух растворов образуется осадок свежеосажденного $AlPO_4$ по формуле:

$$2\,Na_2HPO_4 + Al_2(SO_4)_3 = 2\,AlPO_4 + 2\,Na_2SO_4 + H_2SO_4\,;$$

осадок $AlPO_4$ сорбирует фтор из раствора. После прибавления реактивов жидкость сильно взбалтывается и отстаивается в течение 2 часов.

Результаты опытов очистки воды от фтора с помощью свежеосажденного фосфата алюминия представлены в табл. 5.

Таблица 5

Начальная концентрация фтора 11,2 *мг/л*				Начальная концентрация фтора 30 *мг/л*				Начальная концентрация фтора 62,0 *мг/л*			
доза $AlPO_4$ в *мг/л*	после коагуляции			доза $AlPO_4$ в *мг/л*	после коагуляции			доза $AlPO_4$ в *мг/л*	после коагуляции		
	F в *мг/л*	% снижения фтора	pH		F в *мг/л*	% снижения фтора	pH		F в *мг/л*	% снижения фтора	pH
20	9,2	17,9	6,75	60	15,6	48,0	6,3	120	23,6	51,9	6,1
50	8,8	21,5	6,6	150	9,2	69,4	6,15	300	16,0	74,2	5,8
80	8,4	25,0	6,55	240	5,2	82,7	5,9	480	12,4	80,0	5,0
100	0,4	96,5	3,68	300	4,0	86,7	5,75	600	10,0	83,9	4,75
1000	0,2	98,3	3,05	3000	0,2	99,3	2,0	6000	0,12	99,8	2,35

Лучшие результаты получаются при pH раствора, равном 3,05—3,68, причем при концентрации фтора порядка 10 *мг/л* достаточной дозой является 10-кратное количество коагулянта, а при дозах 30 *мг/л* и 60,0 *мг/л* хорошие результаты получаются лишь при 100-кратном количестве.

Снижение фтора этим методом достигается на 96,3—99,3%, коагуляция почти полностью заканчивается за 30 мин.—1 час отстаивания.

Фосфорнокислый алюминий не дает результатов лучших, чем сернокислый алюминий с известью. Единственным его преимуществом является то, что вода после обработки им не становится более жесткой, как во всех других случаях, а, наоборот, умягчается. Это обстоятельство может оправдать расход более дорогого реагента лишь в исключительных случаях.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

I. Введение 3

II. Методика определения фтора в воде . . . . —

А. Необходимые реактивы 4

Б. Построение калибровочной кривой . . . . —

В. Ход определения 5

III. Очистка воды от фтора 6

А. Применение обожженного доломита 8

Б. Очистка воды от фтористых соединений при помощи сернокислотной вытяжки из доломита 10

В. Очистка воды от фтористых соединений с помощью фосфатов 12

Г. Очистка воды от фтора алюминиевыми солями 14

Авторы: к. х. н. **А. И. Рыбникова,**
З. В. Николаева.

Редактор д-р хим. наук, проф. **Ю. Ю. Лурье**

Л 139862. Подписано к печати 20/XII—52 г. Объем 1 п. л. Тир. 500. Зак. 118.

Типография ВНИИ „ВОДГЕО", Б. Кочки, 17-а.


1p50

